

**ATTACHMENT 1(e)****EXPLANATIONS OF RELEVANCY  
OF REFERENCES**

ATTORNEY DOCKET NO.	APPLICATION NO.
837.1965	09/804,152
FIRST NAMED INVENTOR	
Kazuo HIRONISHI	
FILING DATE	GROUP ART UNIT
March 12, 2001	2882

Enclosed are copies of Japanese Patent Application Publication No. 08-288902, an English translation of the Abstract thereof, and an English translation (serviced by the JPO website) of all the text thereof.

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-288902

(43)Date of publication of application : 01.11.1996

(51)Int.Cl.

H04B 10/00

H04L 7/02

(21)Application number : 07-089856 (71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

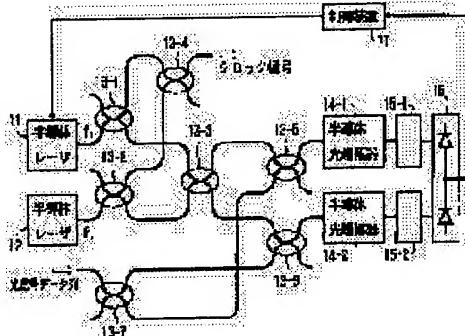
(22)Date of filing : 14.04.1995 (72)Inventor : AIZAWA SHIGEKI  
ITO FUMIHIKO  
JINNO MASAHIKO

## (54) CLOCK RECOVERY DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To regenerate a clock signal directly synchronously with a bit period of an optical signal data string by extracting a beat signal of a laser beam outputted from two laser light sources as the clock signal.

**CONSTITUTION:** A laser beam emitted from semiconductor lasers 11, 12 is respectively distributed into two by photocouplers 13-1, 13-2 and one of the laser beams is multiplexed with the other by a photocoupler 13-3 and the other laser beam is multiplexed with the one laser beam by a photocoupler 13-4 and the resulting beam is outputted as a clock signal. Each beat signal is given to one string distributed into two by a photocoupler 13-7 is given to the other input port. The optical signal multiplexed by the photocouplers 13-5, 13-6 is respectively given to semiconductor optical amplifiers 14-1, 14-2. The amplifiers 14-1, 14-2 respectively compare the phase of each beat signal and the optical signal data string and provide an output of a signal proportional to the phase difference.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application]

other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

# (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-288902

(43) 公開日 平成8年(1996)11月1日

(51) Int. C1.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 04 B 10/00

H 04 B 9/00

B

H 04 L 7/02

H 04 L 7/02

Z

審査請求 未請求 請求項の数 4

O L

(全6頁)

(21) 出願番号

特願平7-89856

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 相澤 茂樹

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 伊藤 文彦

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 神野 正彦

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 古谷 史旺

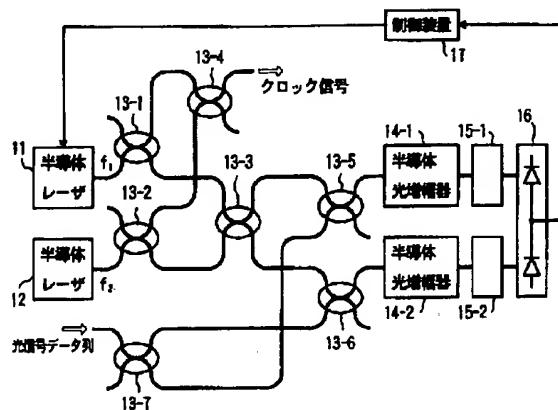
(54) 【発明の名称】クロック再生装置

(57) 【要約】

【目的】 電気回路が追随できない高周波領域で、光信号データ列のビット周期に直接同期した光クロック信号を取り出すことができるクロック再生装置を実現する。

【構成】 互いに異なる單一周波数で発振し、その少なくとも1台の発振周波数が外部制御により可変できる2台のレーザ光源と、2台のレーザ光源から出力されるレーザ光を合波し、互いに位相が180度異なる2つのビート信号を出力する光合分波手段と、各ビート信号と光信号データ列との位相差を検出する2台の光位相差検出手段と、各位相差検出信号に基づき発振周波数可変のレーザ光源の発振周波数を制御する制御手段とを備え、2台のレーザ光源から出力されるレーザ光のビート信号をクロック信号として取り出す構成である。

本発明の第1実施例の構成



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光信号データ列からそのクロック信号を再生するクロック再生装置において、互いに異なる单一周波数で発振し、その少なくとも1台の発振周波数が外部制御により可変できる2台のレーザ光源と、前記2台のレーザ光源から出力されるレーザ光を合波し、互いに位相が180度異なる2つのビート信号を出力する光合分波手段と、前記各ビート信号と前記光信号データ列との位相差を検出する2台の光位相差検出手段と、前記各光位相差検出手段から出力される位相差検出信号に基づき、前記発振周波数可変のレーザ光源の発振周波数を制御する制御手段とを備え、前記2台のレーザ光源から出力されるレーザ光のビート信号を前記クロック信号として取り出す構成であることを特徴とするクロック再生装置。

【請求項2】 請求項1に記載のクロック再生装置において、2台の光位相差検出手段から出力される位相差検出信号の差分を電気信号に変換する差分検出手段を備え、制御手段は前記電気信号により発振周波数可変のレーザ光源の発振周波数を制御する構成であることを特徴とするクロック再生装置。

【請求項3】 請求項1に記載のクロック再生装置において、光位相差検出手段は、ビート信号と光信号データ列を入力し、その位相比較を利得飽和特性を用いて行う半導体光増幅器と、半導体光増幅器の出力から光信号データ列の波長のみを透過する光フィルタとを備えたことを特徴とするクロック再生装置。

【請求項4】 請求項1に記載のクロック再生装置において、光位相差検出手段は、ビート信号と光信号データ列を入力し、その強度積に比例した別の波長の4光波混合光を発生させる光非線形媒体と、光非線形媒体から出力される4光波混合光のみを透過する光フィルタとを備えたことを特徴とするクロック再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、高速光通信システムにおいて、光信号データ列からそのクロック信号を再生するクロック再生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 図4は、従来のクロック再生装置の構成例を示す(参考文献、S.Kawanishi, M.Saruwatari, "New-type phase-locked loop using traveling-wave laser diodeamplifier for very high speed optical transmission", Electron. Lett., vol.24, pp.1452-1453, 1988)。

【0003】 図において、半導体レーザ41、光カプラ42、半導体光増幅器43、フォトダイオード44が光ファイバ45を介して接続される。フォトダイオード44の出力は、位相比較器46で固定周波数発振器47の出力と比較され、その誤差信号が電圧制御型可変周波数発振器(以下「VCO」という)48に入力される。VCO48の出力は、ミキサ49で固定周波数発振器47の出力と混合され、半導体レーザ41の発振周波数を制御する。

【0004】 半導体レーザ41は、VCO48の発振周波数(クロック周波数) $\omega$ と固定周波数発振器47の発振周波数 $\Delta\omega$ ( $\Delta\omega < \omega$ )を加算した周波数で周期的に強度変調された光クロック信号を発生する。この光クロック信号は、光カプラ42で光信号データ列と合波されて半導体光増幅器43に入力される。半導体光増幅器43は光相関器として機能し、光信号データ列と光クロック信号の位相差に比例した信号を出力する。この信号は、光信号データ列と半導体レーザ41の変調周波数がわずかにずれることにより周期的に変動する。この信号の位相と固定周波数発振器47の位相を位相比較器46で比較し、これらが常に一致するようにVCO48の発振周波数を制御する。このようなPLL構成により、VCO48の発振周波数を光信号データ列のクロック信号に同期させることができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 従来のクロック再生装置では、VCO48の出力信号が電気信号であるために、得られるクロック信号の周波数がVCO(電気回路)の帯域によって制限される。図4に示す従来構成では、100Gb/sの光信号データ列の1/16に分周された約6.3GHzのクロック信号を抽出しているが、これは電気回路の帯域制限によって100GHzのクロック信号を取り出すことができないからである。

【0006】 本発明は、電気回路が追随できない高周波領域で、光信号データ列のビット周期に直接同期した光クロック信号を取り出すことができるクロック再生装置を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明のクロック再生装置は、互いに異なる单一周波数で発振し、その少なくとも1台の発振周波数が外部制御により可変できる2台のレーザ光源と、2台のレーザ光源から出力されるレーザ光を合波し、互いに位相が180度異なる2つのビート信号を出力する光合分波手段と、各ビート信号と光信号データ列との位相差を検出する2台の光位相差検出手段と、各位相差検出信号に基づき発振周波数可変のレーザ光源の発振周波数を制御する制御手段とを備え、2台のレーザ光源から出力されるレーザ光のビート信号をクロック信号として取り出す構成である(請求項1)。

【0008】 また、2台の光位相差検出手段から出力さ

れる位相差検出信号の差分を電気信号に変換する差分検出手段を備え、制御手段は電気信号により発振周波数可変のレーザ光源の発振周波数を制御する構成である（請求項2）。また、光位相差検出手段は、ビート信号と光信号データ列を入力し、その位相比較を利得飽和特性を用いて行う半導体光増幅器と、半導体光増幅器の出力から光信号データ列の波長のみを透過する光フィルタとを備える（請求項3）。

【0009】また、光位相差検出手段は、ビート信号と光信号データ列を入力し、その強度積に比例した別の波長の4光波混合光を発生させる光非線形媒体と、光非線形媒体から出力される4光波混合光のみを透過する光フィルタとを備える（請求項4）。

#### 【0010】

【作用】本発明のクロック再生装置は、発振周波数の異なる2台のレーザ光源から出力されるレーザ光を合波し、互いに位相が180度異なる2つのビート信号を発生させる。この2つのビート信号と光信号データ列との位相比較をそれぞれ行い、各位相差検出信号の差分を用いて少なくとも一方のレーザ光源の発振周波数を制御する。これにより、ビート信号を光信号データ列に同期したクロック信号として抽出することができる。

【0011】光位相差検出手段は、半導体光増幅器の利得飽和特性と光フィルタを用いてビート信号と光信号データ列の位相比較を行うことができる。また、光位相差検出手段は、光非線形媒体でビート信号と光信号データ列から発生させた4光波混合光を用いて、ビート信号と光信号データ列の位相比較を行うことができる。

#### 【0012】

##### 【実施例】

（第1実施例）図1は、本発明の第1実施例の構成を示す。図において、11は発振周波数 $f_1$ が可変する半導体レーザ、12は発振周波数 $f_2$ に固定の半導体レーザであり、それぞれ単一モードで連続発振する。13は光カプラであり、2つの出力ポートの位相は180度ずれるように構成される。14は半導体光増幅器、15は光信号データ列の波長のみを透過しクロック信号を阻止する光フィルタ、16はバランスト受光器、17はバランスト受光器16の出力によって半導体レーザ11の発振周波数を制御する制御回路である。なお、半導体レーザ11、12は、單一周波数で発振するものであれば他のレ

\*と表される。ここで、半導体レーザ11、12の発振波長は光信号データ列の波長とは異なるものとする。Gは

光信号データ列のみを入力した場合の半導体光増幅器14の利得、 $mP_c$ は合成波のパワーによってどれだけ半導体光増幅器14の利得が減少するかを示すパラメータである。式の最後の $+ \pi$ は利得の飽和の効果を示してお

\*一ザ光源でもよい。

【0013】半導体レーザ11、12から出射されるレーザ光は、光カプラ13-1、13-2でそれぞれ2分配され、各一方のレーザ光は光カプラ13-3で合波され、各他方のレーザ光は光カプラ13-4で合波されてクロック信号として出力される。光カプラ13-3では互いに位相が180度異なる2つのビート信号を発生させる。各ビート信号の振幅は、 $|1/(f_1 - f_2)|$ を周期として正弦波で変化する。各ビート信号はそれぞれ光カ

10 プラ13-5、13-6の一方の入力ポートに入力され、他方の入力ポートには光カプラ13-7で2分配された光信号データ列が入力される。ただし、光カプラ13-5、13-6に入力される光信号データ列の位相を合わせるために、光カプラ13-7と光カプラ13-5、13-6との間の長さを調整する。光カプラ13-5、13-6で合波された光信号は、それぞれ半導体光増幅器14-1、14-2に入力される。

【0014】半導体光増幅器14-1、14-2は、各ビート信号と光信号データ列との位相比較を行い、その位相差に比例する信号を出力する。このとき、半導体光増幅器14-1、14-2と光フィルタ15-1、15-2の組み合わせにより、半導体レーザ11、12のビート信号の位相と、光信号データ列の位相が一致したときに最も小さな光信号を出し、両者の位相差を検出する光相関器として機能させることができる。各光フィルタ15-1、15-2の出力光はバランスト受光器16に入力され、両出力光の光強度の差分に比例する電気信号に変換される。この動作を数式を用いて詳しく説明する。

30 【0015】ここで、光カプラ13-3の2つの出力ポートから出力されるビート信号の光強度を $P_{c1}(t)$ 、 $P_{c2}(t)$ とし、

$$P_{c1}(t) = P_c(1 + \sin \omega t)$$

$$P_{c2}(t) = P_c(1 - \sin \omega t)$$

と表す。光信号データ列 $P_s(t)$ は正弦波で強度変調を受けたと仮定し、

$$P_s(t) = P_s[1 + \sin(\omega t + \phi(t))]$$

と表す。なお、 $\phi(t)$ はビート信号との位相差を表す。

半導体光増幅器14の利得の飽和を考慮すると、光フィ

40 ルタ15-1、15-2の出力 $P_{s1}(t)$ 、 $P_{s2}(t)$ は、

$$P_{s1}(t) = G P_s[1 + \sin(\omega t + \phi(t))] [1 + m P_c \sin(\omega t + \pi)]$$

$$P_{s2}(t) = G P_s[1 + \sin(\omega t + \phi(t))] [1 - m P_c \sin(\omega t + \pi)]$$

り、光信号データ列の利得がビート信号の入力により減少することを示す。

【0016】したがって、バランスト受光器16の出力信号 $O_s(t)$ は、

#### 【0017】

#### 【数1】

$$\begin{aligned}
 Os(t) &= \frac{e\eta}{h\nu} (Ps1(t) - Ps2(t)) \\
 &= 2 \frac{e\eta}{h\nu} GPs m(Pc) \sin(\omega t + \pi) (1 + \sin(\omega t + \phi(t))) \\
 &= 2 \frac{e\eta}{h\nu} GPs [m(Pc) \sin(\omega t + \pi) \\
 &\quad + \frac{1}{2} m(Pc) \cos(2\omega t + \pi + \phi(t)) - \frac{1}{2} m(Pc) \cos(\phi(t))]
 \end{aligned}$$

【0018】となる。ここで、eは電荷、ηは量子効率、hはプランク定数、νは光周波数である。バランスト受光器16は、光の周波数まで帯域がないので、実際に検出できるのは最後の項の $\cos(\phi(t))$ に比例した成分のみである。すなわち、光カプラ13-3から出力される一方のビート信号と光信号データ列の位相が同期している場合には、バランスト受光器16の出力は最小となり、位相差がπの場合に最大となる。

【0019】制御回路17は、バランスト受光器16の出力信号が零になるように半導体レーザ11の発振周波数を制御する。これにより、高感度な制御系が実現できる。このように、本実施例の構成では、半導体光増幅器14の利得飽和特性を用いてビート信号と光信号データ列の位相を比較し、その位相差検出信号に基づいて半導体レーザ11の発振周波数を制御することにより、光カ\*

\* プラ13-4から光信号データ列に同期したクロック信号を出力させることができる。

【0020】(第2実施例) 図2は、本発明の第2実施例の構成を示す。本実施例の特徴は、第1実施例の半導体光増幅器14および光フィルタ15に代えて、光非線形媒体24および光フィルタ25を用いてビート信号と光信号データ列の位相比較を行う構成にある。

【0021】光非線形媒体24では、ビート信号と光信号データ列を入力し、その強度の積に比例した別の波長の4光波混合光を発生させる。したがって、ビート信号と光信号データ列の位相が同期したときに4光波混合光の発生効率が最大となる。この4光波混合光を光フィルタ25により取り出すことにより、ビート信号と光信号データ列の位相比較を行うことができる。光フィルタ25-1, 25-2の出力Ps3(t), Ps4(t)は、

$$\begin{aligned}
 Ps3(t) &= APcPs[1 + \sin(\omega t + \phi(t))] [1 + \sin(\omega t)] \\
 Ps4(t) &= APcPs[1 + \sin(\omega t + \phi(t))] [1 - \sin(\omega t)]
 \end{aligned}$$

と表される。また、バランスト受光器16の出力信号Os(t)は、

【0022】

【数2】

$$\begin{aligned}
 Os(t) &= \frac{e\eta}{h\nu} (Ps3(t) - Ps4(t)) \\
 &= 2 \frac{e\eta}{h\nu} APcPs \sin(\omega t) (1 + \sin(\omega t + \phi(t))) \\
 &= 2 \frac{e\eta}{h\nu} APcPs [\sin(\omega t) + \frac{1}{2} \cos(2\omega t + \phi(t)) \\
 &\quad + \frac{1}{2} \cos(\phi(t))]
 \end{aligned}$$

【0023】となる。実際に検出できるのは、最後の項の $\cos(\phi(t))$ に比例した成分のみである。本実施例は、第1実施例とは逆相の関係になるが、第1実施例と同様に制御回路17はバランスト受光器16の出力信号が零になるように半導体レーザ11の半導体レーザ11の発振周波数を制御すればよい。これにより、光カプラ13-4から光信号データ列に同期したクロック信号を出力させることができる。

【0024】(第3実施例) 図3は、本発明の第3実施例の構成を示す。本実施例の特徴は、第1実施例の光カ

20 \* プラ13-4から光信号データ列に同期したクロック信号を出力させることができる。

【0025】(第2実施例) 図2は、本発明の第2実施例の構成を示す。本実施例の特徴は、第1実施例の半導体光増幅器14および光フィルタ15に代えて、光非線形媒体24および光フィルタ25を用いてビート信号と光信号データ列の位相比較を行う構成にある。

【0026】光非線形媒体24では、ビート信号と光信号データ列を入力し、その強度の積に比例した別の波長の4光波混合光を発生させる。したがって、ビート信号と光信号データ列の位相が同期したときに4光波混合光の発生効率が最大となる。この4光波混合光を光フィルタ25により取り出すことにより、ビート信号と光信号データ列の位相比較を行うことができる。光フィルタ25-1, 25-2の出力Ps3(t), Ps4(t)は、

【0027】(第3実施例) 図3は、本発明の第3実施例の構成を示す。本実施例の特徴は、第1実施例と同様である。

【0028】なお、光フィルタ31は、光カプラ13-5の出力ポートに配置してもよい。また、本実施例の構成は第2実施例にも適用することができる。

【0029】(第4実施例) 図4は、本発明の第4実施例の構成を示す。本実施例の特徴は、第1実施例のクロック信号を抽出する動作原理は第1実施例と同様である。

【0030】(第5実施例) 図5は、本発明の第5実施例の構成を示す。本実施例の特徴は、第1実施例のクロック信号を抽出する動作原理は第1実施例と同様である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の構成を示すブロック図。

【図2】本発明の第2実施例の構成を示すブロック図。

【図3】本発明の第3実施例の構成を示すブロック図。

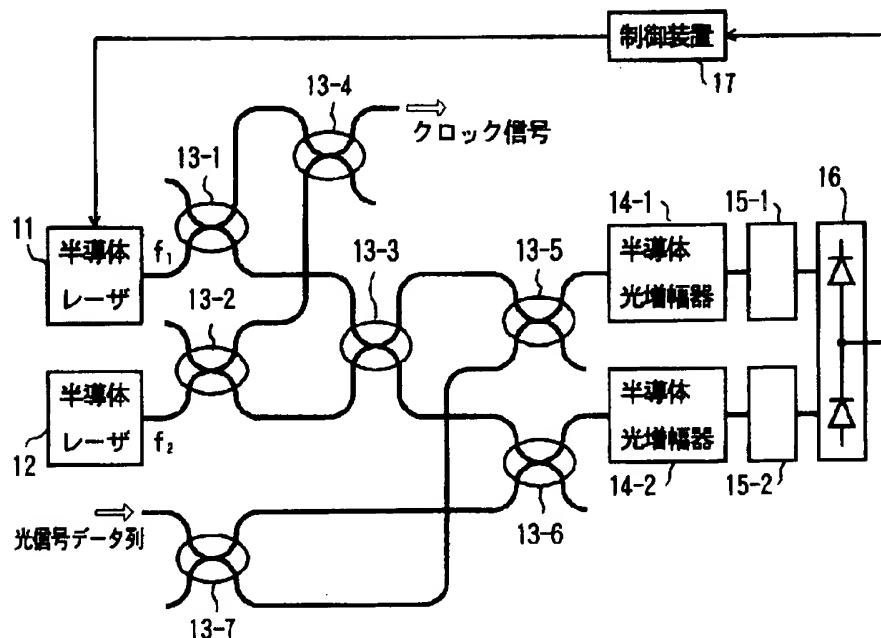
【図4】従来のクロック再生装置の構成例を示すブロック図。

【符号の説明】

- |                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| 1 3 光カプラ            | 4 2 光カプラ                |
| 1 4 半導体光増幅器         | 4 3 半導体光増幅器             |
| 1 5, 2 5, 4 1 光フィルタ | 4 4 フォトダイオード            |
| 1 6 バランスト受光器        | 4 5 光ファイバ               |
| 1 7 制御装置            | 4 6 位相比較器               |
| 2 4 光非線形媒体          | 4 7 固定周波数発振器            |
| 3 1 光フィルタ           | 4 8 電圧制御型可変周波数発振器 (VCO) |
| 4 1 半導体レーザ          | 4 9 ミキサ                 |

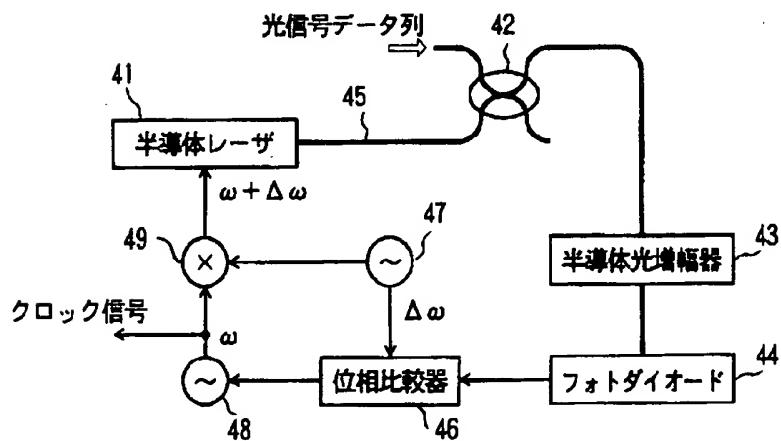
【図1】

## 本発明の第1実施例の構成



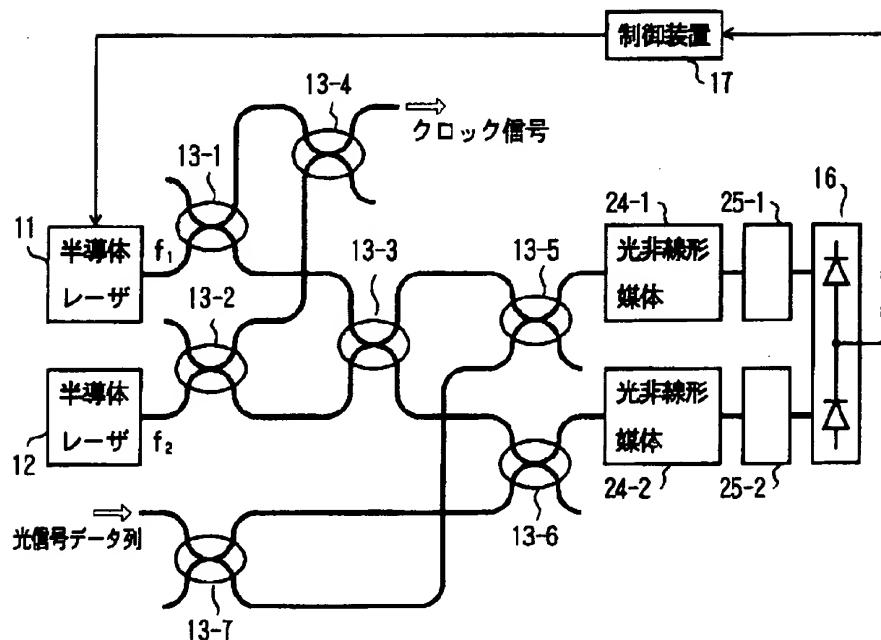
【図4】

## 従来のクロック再生装置の構成例



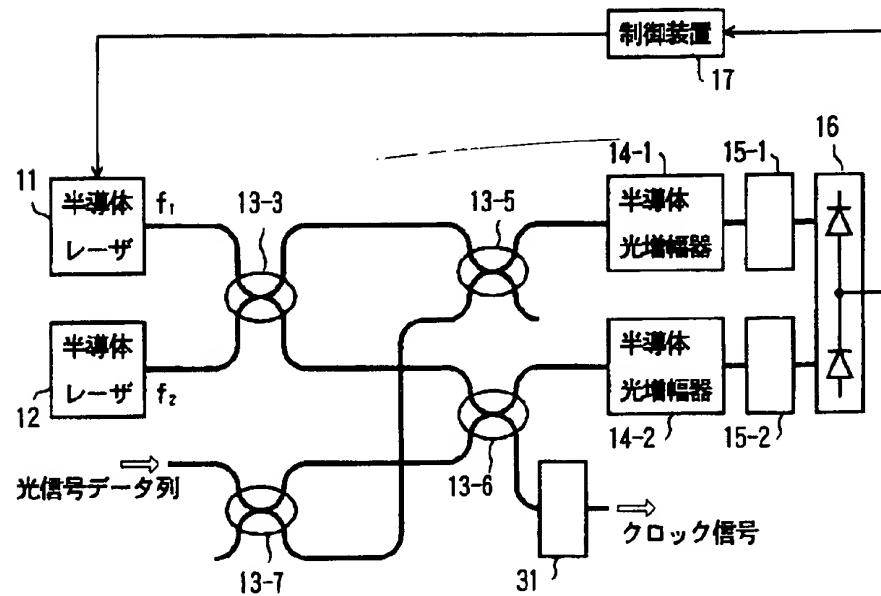
【図2】

## 本発明の第2実施例の構成



【図3】

## 本発明の第3実施例の構成



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**CLAIMS**

[Claim(s)]

[Claim 1] The clock regenerative apparatus which reproduces the clock signal from the lightwave signal data stream which is equipped with the following and characterized by being the composition which takes out the beat signal of the laser beam outputted from the two aforementioned sets of laser light sources as the aforementioned clock signal. Two sets of the laser light sources which oscillate by mutually different single frequency and can carry out adjustable [ of the oscillation frequency of at least one set ] with external control It multiplexes and a phase mutually the laser beam outputted from the two aforementioned sets of laser light sources A \*\*\* spectral separation means to output the beat signal which is two [ different, 180 degrees ]. Two sets of optical phase contrast detection meanses to detect the phase contrast of each aforementioned beat signal and the aforementioned lightwave signal data stream Control means which control the oscillation frequency of an aforementioned oscillation frequency adjustable laser light source based on the phase contrast detecting signal outputted from each aforementioned optical phase contrast detection means.

[Claim 2] the difference which changes into an electrical signal the difference of the phase contrast detecting signal outputted from two sets of optical phase contrast detection meanses in a clock regenerative apparatus according to claim 1 — the clock regenerative apparatus which is equipped with a detection means and characterized by control means being composition which controls the oscillation frequency of an oscillation frequency adjustable laser light source by the aforementioned electrical signal

[Claim 3] It is the clock regenerative apparatus characterized by having the semiconductor light amplifier which an optical phase contrast detection means inputs a beat signal and a lightwave signal data stream in a clock regenerative apparatus according to claim 1, and performs the phase comparison using gain saturation characteristics, and the light filter which penetrates only the wavelength of a lightwave signal data stream from the output of a semiconductor light amplifier.

[Claim 4] It is the clock regenerative apparatus characterized by having the light filter which penetrates only 4 light-wave mixture light outputted from the optical nonlinear medium made to generate 4 light-wave mixture light of another wavelength which the optical phase contrast detection means inputted the beat

signal and the lightwave signal data stream in the clock regenerative apparatus according to claim 1, and is proportional to the on-the-strength product, and an optical nonlinear medium.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DETAILED DESCRIPTION**

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the clock regenerative apparatus which reproduces the clock signal from a lightwave signal data stream in a high-speed optical transmission system.

[0002]

[Description of the Prior Art] drawing 4 shows the example of composition of the conventional clock regenerative apparatus (bibliography --) S. Kawanishi, M.Saruwatari, and "New-type phase-locked loop using traveling-wave laser diodeamplifier for very high speed optical transmission" Electron.Lett., vol.24, pp.1452-1453, and 1988.

[0003] In drawing, semiconductor laser 41, the optical coupler 42, the semiconductor light amplifier 43, and a photodiode 44 are connected through an optical fiber 45. The output of a photodiode 44 is compared with the output of fixed-frequency VCO 47 by the phase comparator 46, and the error signal is inputted into armature-voltage control type variable frequency VCO (henceforth "VCO") 48. It is mixed with the output of fixed-frequency VCO 47 with a mixer 49, and the output of VCO48 controls the oscillation frequency of semiconductor laser 41.

[0004] Semiconductor laser 41 generates the optical clock signal by which intensity modulation was periodically carried out on the oscillation frequency (clock frequency) omega of VCO48, and the frequency adding oscillation frequency deltaomega (delta omega<omega) of fixed-frequency VCO 47. It is multiplexed with a lightwave signal data stream with the optical coupler 42, and this optical clock signal is inputted into the semiconductor light amplifier 43. The semiconductor light amplifier 43 functions as an optical correlator, and outputs the signal proportional to the phase contrast of a lightwave signal data stream and an optical clock signal. This signal is periodically changed, when the modulation frequency of a lightwave signal data stream and semiconductor laser 41 shifts slightly. A phase comparator 46 compares the phase of this signal, and the phase of fixed-frequency VCO 47, and the oscillation frequency of VCO48 is controlled so that these are always in agreement. The oscillation frequency of VCO48 can be synchronized with the clock signal of a lightwave signal data stream by such PLL composition.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the conventional clock regenerative apparatus, since the output signal of VCO48 is an electrical signal, the frequency of the clock signal obtained is restricted by the band of VCO (electrical circuit). By composition, it is 100 Gb/s conventionally which is shown in drawing 4.

Abbreviation by which dividing was carried out to 1/16 of lightwave signal data streams Although the 6.3GHz clock signal is extracted, this is the band limit of an electrical circuit. It is because a 100GHz clock signal cannot be taken out.

[0006] this invention is the RF field where an electrical circuit cannot follow in footsteps, and aims at offering the clock regenerative apparatus which can take out the optical clock signal which synchronized with the bit period of a lightwave signal data stream directly.

[0007]

[Means for Solving the Problem] Two sets of the laser light sources which oscillate the clock regenerative apparatus of this invention by mutually different single frequency, and can carry out adjustable [ of the oscillation frequency of at least one set ] with external control It multiplexes and a phase mutually the laser beam outputted from two sets of laser light sources A \*\*\* spectral separation means to output the beat signal which is two [ different 180 degrees ], Two sets of optical phase contrast detection meanses to detect the phase contrast of each beat signal and a lightwave signal data stream It is the composition which takes out the beat signal of the laser beam which is equipped with the control means which control the oscillation frequency of an oscillation frequency adjustable laser light source based on each phase contrast detecting signal, and is outputted from two sets of laser light sources as a clock signal (claim 1).

[0008] moreover, the difference which changes into an electrical signal the difference of the phase contrast detecting signal outputted from two sets of optical phase contrast detection meanses -- it is the composition that have a detection means and control means control the oscillation frequency of an oscillation frequency adjustable laser light source by the electrical signal (claim 2) Moreover, an optical phase contrast detection means inputs a beat signal and a lightwave signal data stream, and is equipped with the semiconductor light amplifier which performs the phase comparison using gain saturation characteristics, and the light filter which penetrates only the wavelength of a lightwave signal data stream from the output of a semiconductor light amplifier (claim 3).

[0009] Moreover, an optical phase contrast detection means inputs a beat signal and a lightwave signal data stream, and is equipped with the optical nonlinear medium made to generate 4 light-wave mixture light of another wavelength proportional to the on-the-strength product, and the light filter which penetrates only 4 light-wave mixture light outputted from an optical nonlinear medium (claim 4).

[0010]

[Function] It multiplexes and, as for the clock regenerative apparatus of this invention, a phase mutually the laser beam outputted from two sets of the laser light sources from which oscillation frequency differs The beat signal which is two [ different 180 degrees ] is generated. The phase comparison of these two beat signals and lightwave signal data streams is performed, respectively, and the

oscillation frequency of one [ at least ] laser light source is controlled using the difference of each phase contrast detecting signal. Thereby, a beat signal can be extracted as a clock signal which synchronized with the lightwave signal data stream.

[0011] An optical phase contrast detection means can perform the phase comparison of a beat signal and a lightwave signal data stream using the gain saturation characteristics and the light filter of a semiconductor light amplifier. Moreover, an optical phase contrast detection means can perform the phase comparison of a beat signal and a lightwave signal data stream using 4 light-wave mixture light which made it generate from a beat signal and a lightwave signal data stream by the optical nonlinear medium.

[0012]

[Example]

(The 1st example) Drawing 1 shows the composition of the 1st example of this invention. drawing -- setting -- 11 -- oscillation frequency f1 the semiconductor laser which carries out adjustable, and 12 -- oscillation frequency f2 It is the semiconductor laser of fixation and continuous oscillation is carried out by the single mode, respectively. 13 is an optical coupler and is the phase of two output ports. It is constituted so that it may shift 180 degrees. It is the control circuit to which the light filter which 14 penetrates a semiconductor light amplifier, and 15 penetrates only the wavelength of a lightwave signal data stream, and prevents a clock signal, and 16 control a balun strike electric eye, and 17 controls the oscillation frequency of semiconductor laser 11 by the output of the balun strike electric eye 16. In addition, as long as it oscillates by single frequency, other laser light sources are sufficient as semiconductor laser 11 and 12.

[0013] 2 \*\*\*\*s of the laser beams by which outgoing radiation is carried out from semiconductor laser 11 and 12 are carried out by the optical coupler 13-1 and 13-2, respectively, it is multiplexed in the laser beam of one way each with the optical coupler 13-3, and it is multiplexed with the optical coupler 13-4, and the laser beam of each another side is outputted as a clock signal. In the optical coupler 13-3, a phase mutually The beat signal which is two [ different 180 degrees ] is generated. The amplitude of each beat signal changes by the sine wave by making  $|1/(f_1-f_2)|$  into a period. Each beat signal is inputted into one [ the optical coupler 13-5 and ] input port of 13-6, respectively, and the lightwave signal data stream carried out 2 \*\*\*\*s with the optical coupler 13-7 is inputted into the input port of another side. However, in order to double the phase of the optical coupler 13-5 and the lightwave signal data stream inputted into 13-6, the optical coupler 13-7, the optical coupler 13-5, and the length between 13-6 are adjusted. The optical coupler 13-5 and the lightwave signal it was multiplexed [ lightwave signal ] by 13-6 are inputted into the semiconductor light amplifier 14-1 and 14-2, respectively.

[0014] The semiconductor light amplifier 14-1 and 14-2 perform the phase comparison of each beat signal and a lightwave signal data stream, and output the signal proportional to the phase contrast. With the combination of the semiconductor light amplifier 14-1, 14-2, and a light filter 15-1 and 15-2, when the phase of the beat signal of semiconductor laser 11 and 12 and the phase of a

lightwave signal data stream are in agreement, the smallest lightwave signal can be outputted, and it can be made to function as an optical correlator which detects both phase contrast at this time. Each light filter 15-1 and the output light of 15-2 are inputted into the balun strike electric eye 16, and are changed into the electrical signal proportional to the difference of the optical intensity of both output light. This operation is explained in detail using a formula.

[0015] Here, it is the optical intensity of the beat signal outputted from two output ports of the optical coupler 13-3  $Pc_1(t)$   $Pc_2(t)$ . It carries out and is  $Pc_1(t) = P_c(1 + \sin(\omega t))$   $Pc_2(t) = P_c(1 - \sin(\omega t))$ . The lightwave signal data stream  $P_s(t)$  assumes that intensity modulation was received by the sine wave, and expresses  $P_s(t) = P_s[1 + \sin(\omega t + \phi(t))]$ . In addition,  $\phi(t)$  Phase contrast with a beat signal is expressed. When the saturation of the gain of the semiconductor light amplifier 14 is taken into consideration, a light filter 15-1, the output  $P_{s1}(t)$  of 15-2, and  $P_{s2}(t)$   $P_{s1}(t) = G_p [1 + \sin(\omega t + \phi(t))] 1 + mP_c \sin(\omega t + \phi(t))$   $P_{s2}(t) = G_p [1 + \sin(\omega t + \phi(t))] 1 - mP_c \sin(\omega t + \phi(t))$ . Here, the oscillation wavelength of semiconductor laser 11 and 12 shall differ from the wavelength of a lightwave signal data stream.  $G$  is the gain of the semiconductor light amplifier 14 at the time of inputting only a lightwave signal data stream, and  $mP_c$ . It is the parameter which indicates it to be whether the gain of the semiconductor light amplifier 14 decreases by the power of a synthetic wave.  $\phi(t)$  of the last of a formula shows the effect of the saturation of gain, and it is shown that the gain of a lightwave signal data stream decreases by the input of a beat signal.

[0016] Therefore, the output signal  $O_s$  of the balun strike electric eye 16 ( $t$ ) is [0017].

[Equation 1]

$$\begin{aligned} O_s(t) &= \frac{e\eta}{h\nu} (P_{s1}(t) - P_{s2}(t)) \\ &= 2 \frac{e\eta}{h\nu} G_p m(P_c) \sin(\omega t + \phi(t)) (1 + \sin(\omega t + \phi(t))) \\ &= 2 \frac{e\eta}{h\nu} G_p m(P_c) \sin(\omega t + \phi(t)) \\ &\quad + \frac{1}{2} m(P_c) \cos(2\omega t + \phi(t)) - \frac{1}{2} m(P_c) \cos(\phi(t)) \end{aligned}$$

[0018] It becomes. Here, for  $e$ , a charge and  $\eta$  are [ a Planck's constant and number of quantum efficiency and  $h$  ] optical frequencies. Since the balun strike electric eye 16 does not have a band to the frequency of light, it is only the component proportional to  $\cos(\phi(t))$  of the last term which is actually detectable. That is, while is outputted from the optical coupler 13-3, when the phase of a beat signal and a lightwave signal data stream synchronizes, the output of the balun strike electric eye 16 serves as the minimum, and it becomes the maximum when phase contrast is  $\pi$ .

[0019] A control circuit 17 controls the oscillation frequency of semiconductor laser 11 so that the output signal of the balun strike electric eye 16 becomes zero. Thereby, a high sensitivity control system is realizable. Thus, the phase of a beat

signal and a lightwave signal data stream can be compared using the gain saturation characteristics of the semiconductor light amplifier 14, and the clock signal which synchronized with the lightwave signal data stream from the optical coupler 13-4 can be made to output with the composition of this example by controlling the oscillation frequency of semiconductor laser 11 based on the phase contrast detecting signal.

[0020] (The 2nd example) Drawing 2 shows the composition of the 2nd example of this invention. The feature of this example is replaced with the semiconductor light amplifier 14 and light filter 15 of the 1st example, and is in the composition which performs the phase comparison of a beat signal and a lightwave signal data stream using the optical nonlinear medium 24 and a light filter 25.

[0021] By the optical nonlinear medium 24, a beat signal and a lightwave signal data stream are inputted, and 4 light-wave mixture light of another wavelength proportional to the product of the intensity is generated. Therefore, when the phase of a beat signal and a lightwave signal data stream synchronizes, the generating efficiency of 4 light-wave mixture light serves as the maximum. By taking out this 4 light-wave mixture light by the light filter 25, the phase comparison of a beat signal and a lightwave signal data stream can be performed. a light filter 25-1, the output Ps3 of 25-2 (t), and  $Ps4(t) = APcPs [1+\sin(\omega t+\phi(t))]$  and  $[1+\sin(\omega t+\phi(t))] = APcPs [1+\sin(\omega t+\phi(t))]$  and  $[1-\sin(\omega t+\phi(t))] = APcPs [1-\sin(\omega t+\phi(t))]$  \*\* -- it is expressed Moreover, the output signal Os of the balun strike electric eye 16 (t) is [0022].

#### [Equation 2]

$$\begin{aligned} Os(t) &= \frac{e\eta}{h\nu} (Ps3(t) - Ps4(t)) \\ &= 2 \frac{e\eta}{h\nu} APcPs \sin(\omega t) (1 + \sin(\omega t + \phi(t))) \\ &= 2 \frac{e\eta}{h\nu} APcPs \left( \sin(\omega t) + \frac{1}{2} \cos(2\omega t + \phi(t)) \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2} \cos(\phi(t)) \right) \end{aligned}$$

[0023] It becomes. It is only the component proportional to  $\cos(\phi(t))$  of the last term which is actually detectable. Although this example becomes the relation of an antiphase with the 1st example, a control circuit 17 should just control the oscillation frequency of the semiconductor laser 11 of semiconductor laser 11 like the 1st example so that the output signal of the balun strike electric eye 16 becomes zero. Thereby, the clock signal which synchronized with the lightwave signal data stream from the optical coupler 13-4 can be made to output.

[0024] (The 3rd example) Drawing 3 shows the composition of the 3rd example of this invention. The feature of this example is replaced with the optical coupler 13-1 of the 1st example, 13-2, and 13-4, arranges the light filter 31 which makes the output port of the optical coupler 13-6 penetrate only the wavelength of semiconductor laser 11 and 12, and is in the composition which extracts a clock signal through a light filter 31. The principle of operation which extracts a clock signal is the same as that of the 1st example.

[0025] In addition, you may arrange a light filter 31 to the output port of the optical coupler 13-5. Moreover, the composition of this example is applicable also to the 2nd example.

[0026]

[Effect of the Invention] As explained above, in the clock regenerative apparatus of this invention, a clock signal can be directly extracted from a high-speed lightwave signal data stream. That is, the clock signal which synchronized with the bit period of a lightwave signal data stream directly without the electrical signal is reproducible.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

[Drawing 1] The block diagram showing the composition of the 1st example of this invention.

[Drawing 2] The block diagram showing the composition of the 2nd example of this invention.

[Drawing 3] The block diagram showing the composition of the 3rd example of this invention.

[Drawing 4] The block diagram showing the example of composition of the conventional clock regenerative apparatus.

**[Description of Notations]**

11 12 Semiconductor laser

13 Optical Coupler

14 Semiconductor Light Amplifier

15, 25, 41 Light filter

16 Balun Strike Electric Eye

17 Control Unit

24 Optical Nonlinear Medium

31 Light Filter

41 Semiconductor Laser

42 Optical Coupler

43 Semiconductor Light Amplifier

44 Photodiode

45 Optical Fiber

46 Phase Comparator

47 Fixed-Frequency VCO

48 Armature-voltage Control Type Variable Frequency VCO (VCO)

49 Mixer

---

[Translation done.]